

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

553569

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. Oktober 2004 (21.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/090232 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **E01C 19/38, E02D 3/074**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2004/003743**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
7. April 2004 (07.04.2004)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
103 17 160.6 14. April 2003 (14.04.2003) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **WACKER CONSTRUCTION EQUIPMENT AG [DE/DE]; Preussenstr. 41, 80890 München (DE).**

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **SICK, Georg [DE/DE]; Zugspitzstrasse 9, 82340 Feldafing (DE).**

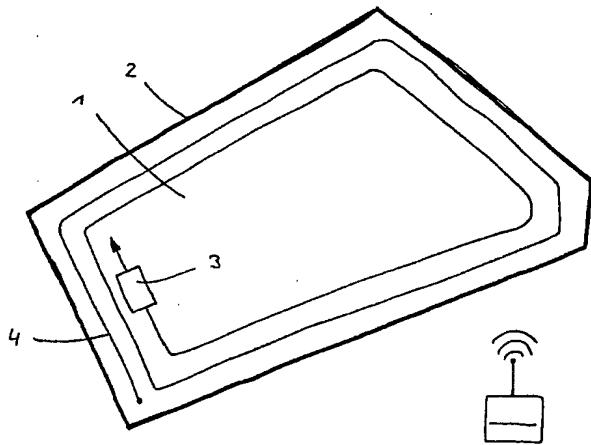
(74) Anwalt: **HOFFMANN, Jörg, Peter; Müller . Hoffmann & Partner, Innere Wiener Strasse 17, 81667 München (DE).**

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): **AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,**

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: **SYSTEM AND METHOD FOR THE AUTOMATIC COMPACTION OF SOIL**

(54) Bezeichnung: **SYSTEM UND VERFAHREN ZUR AUTOMATISIERTEN BODENVERDICHTUNG**



**WO 2004/090232 A1**

**(57) Abstract:** The invention relates to a soil compacting system which comprises a travelling and steerable soil compacting device (3) and a control device (5). The control device (5) is provided with an area definition device (6) which allows a user to establish an area (1) to be compacted and the area boundaries (2). A position detecting device (18) detects the actual position of the soil compacting device (3). A traveler (8a; 8b) changes the direction of travel of the soil compacting device (3) by presetting a standard value for a travelling movement of the soil compacting device (3) in such manner that the soil compacting device (3) does not travel past the respective area boundary (2) but continues its travel within the area (1). The system can additionally be provided with a path planning device (7) for fixing a presetting for a travel way (4) which makes sure that the soil compacting device (3), when keeping to the preset travel way, travels at least once completely across the area (1) to be compacted. The inventive system and method allow for an automatic compaction of the soil within an area (1) defined by a user.

**(57) Zusammenfassung:** Ein Bodenverdichtungssystem weist eine fahr- und lenkbare Bodenverdichtungsvorrichtung (3) sowie eine Steuervorrichtung (5) auf. Die Steuervorrichtung (5) weist eine Flächendefinitionseinrichtung (6) zum Festlegen einer zu verdichtenden Fläche (1) und der zugehörigen Flächengrenzen (2) durch einen Bediener

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

auf. Weiterhin ist eine Positionserfassungseinrichtung (18) zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) vorgesehen. Ein Fahrtgeber (8a; 8b) ändert die Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) derart durch Vorgeben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3), dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flächengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt. Ergänzend kann eine Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4) vorgesehen sein, wobei sichergestellt ist, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt. Auf diese Weise wird eine automatische Verdichtung eines Bodens innerhalb einer vom Bediener vordefinierten Fläche (1) ermöglicht.

1

**System und Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung**

Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung.

5

Aus der DE 100 53 446 A1 ist eine fahrbare Bodenverdichtungsvorrichtung mit Fahrtrichtungsstabilisierung bekannt. Die Vorrichtung weist eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen der tatsächlichen Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung auf. Die tatsächliche Fahrbewegung wird mit einem vom Bediener vorgegebenen Sollwert verglichen. Eventuelle Abweichungen z. B. aufgrund von Störungen werden automatisch durch eine Fahrtregelungseinrichtung korrigiert. Dadurch folgt die Bodenverdichtungsvorrichtung, z. B. eine Vibrationsplatte oder eine Walze, stabil einem vom Bediener vorgegebenen Fahrweg.

10

Durch die Fahrtrichtungsstabilisierung kann der Bediener bereits deutlich bei seiner Arbeit entlastet werden. Insbesondere kurze, stochastische Störungen der Fahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung (hier: eine Vibrationsplatte) werden automatisch ausgeregelt, so dass der Bediener keine Gegenmaßnahmen ergreifen muss, wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung kurzzeitig von dem vorgegebenen Kurs abweicht. Jedoch erfordert insbesondere das Verdichten größerer Flächen vom Bediener nach wie vor erhöhte Konzentration, um die Bodenverdichtungsvorrichtung in einer sinnvollen Weise zu fahren und um sicherzustellen, dass die Fläche vollständig verdichtet wird. Aufgrund der relativ langsamen Fortbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung kann diese Arbeit anstrengend und ermüdend sein. Daher ist es wünschenswert, den Bedienungskomfort zusätzlich zu verbessern.

15

Aus der US-A-6,113,309 ist eine aus mehreren Walzenbandagen bestehende Walzvorrichtung bekannt, die automatisch eine vorgegebene Strecke nachfährt und dadurch den Boden verdichtet. Die Vorgabe der Verdichtungsstrecke erfolgt entweder durch mechanische Einrichtungen, z. B. durch Markierungen auf dem zu verdichtenden Boden, oder durch GPS-Daten, die vorher beim Ausbringen des zu verdichtenden Asphalt erfasst wurden. Das Ziel der beschriebenen Lösung besteht darin, die Walzvorrichtung möglichst exakt an der Seitenkante des Asphalt entlangfahren zu lassen, um eine gleichmäßige Verdichtung zu erreichen.

- 2 -

1      Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bodenverdichtungssystem und ein zugehöriges Verfahren anzugeben, mit dem die Bedienbarkeit und der Bedienungskomfort sowie die Wirtschaftlichkeit einer Bodenverdichtungsvorrichtung weiter verbessert werden können.

5

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bodenverdichtungssystem gemäß Anspruch 1 sowie durch Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung gemäß den Ansprüchen 27 und 28 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

10

Erfindungsgemäß ist das Bodenverdichtungssystem mit einer fahr- und lenkbaren Bodenverdichtungsvorrichtung, z. B. einer Vibrationsplatte oder einer Walze, und einer Steuervorrichtung ausgestattet, wobei die Steuervorrichtung eine Flächendefinitionseinrichtung, eine Positionserfassungseinrichtung und einen Fahrtgeber aufweist. Die Flächendefinitionseinrichtung dient zum Festlegen einer zu verdichtenden Fläche sowie der zugehörigen Flächengrenzen durch den Bediener. Der Bediener hat somit die Möglichkeit, Angaben zu der zu verdichtenden Fläche in das Bodenverdichtungssystem einzugeben, oder dem System die Flächengrenzen anderweitig mitzuteilen.

15

20     Die Positionserfassungseinrichtung dient zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung, wobei es wenigstens möglich sein muss, die Position der Bodenverdichtungsvorrichtung in der Nähe der Flächengrenzen, also bei Annäherung an die jeweiligen Flächengrenzen zu erfassen.

25

30     Mit dem Fahrtgeber schließlich kann die Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung geändert werden. Dazu wird der Bodenverdichtungsvorrichtung ein Sollwert für eine Fahrbewegung vom Fahrtgeber derart vorgegeben, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung die jeweilige Flächengrenze nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche ihre Fahrt fortsetzt. Wenn somit die Bodenverdichtungsvorrichtung sich einer jeweiligen Flächengrenze annähert, und die Gefahr besteht, dass sie bei unverändert fortgeführter Fahrt die Flächengrenze überfahren würde, kann der Fahrtgeber durch Ändern der Fahrtrichtung die entsprechenden Maßnahmen einleiten, um ein Überfahren der Flächengrenze zu verhindern. Der Fahrtgeber kann dazu verschiedenen Regeln unterworfen sein, die später noch erläutert werden.

35

- 3 -

1 Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Positionserfassungseinrichtung wenigstens zum Erfassen einer Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an eine der Flächengrenzen ausgebildet, wobei die Fahrtrichtung durch den Fahrtgeber änderbar ist, wenn die Positionserfassungseinrichtung eine Annäherung an die Flächengrenze feststellt.

5 Dadurch, dass die Positionserfassungseinrichtung lediglich eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an eine Flächengrenze feststellen muss, nicht jedoch permanent die tatsächliche Position der Bodenverdichtungsvorrichtung innerhalb der gesamten Fläche, kann die Positionserfassungseinrichtung vergleichsweise einfach und damit preiswert ausgeführt werden. Nur bei Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an die jeweilige Flächengrenze, z. B. bei Unterschreiten eines vorgegebenen Abstandswerts von einem Meter, muss die Positionserfassungseinrichtung dann ein Signal abgeben.

10 Dieses Signal wird von dem Fahrtgeber empfangen, der daraufhin Maßnahmen zur Änderung der Fahrtrichtung einleitet, um ein Überfahren der Flächengrenze zu vermeiden.

15 20 Die Flächendefinitionseinrichtung kann eine Definition der Flächengrenzen mit Hilfe von mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Mitteln ermöglichen. Besonders einfach ist z. B. eine Kennzeichnung der Flächengrenzen mit Hilfe eines gespannten Drahtes, der von der Bodenverdichtungsvorrichtung nicht überfahren werden darf. Eine als Positionserfassungseinrichtung dienende Antenne oder ein geeigneter Fühler kann eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an den Draht feststellen und das erforderliche Annäherungssignal an den Fahrtgeber übermitteln.

25 30 Alternativ dazu lassen sich die Flächengrenzen z. B. auch durch aufgesprühte Farbmarkierungen oder Laserstrahlen definieren, wobei die Positionserfassungseinrichtung optische Mittel (Fotodetektoren, Kameras, o. Ä.) aufweist, um die optischen Signale auszuwerten.

35 Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Fahrtgeber eine Änderung der Fahrtrichtung zur ursprünglichen Fahrtrichtung mit einem vorgegebenen, wäh-

1 rend des gesamten Verdichtungsvorgangs konstanten Winkel bewirkt. Das  
bedeutet, dass die Vibrationsplatte bei Erreichen einer Flächengrenze jeweils  
mit dem vorgegebenen Winkel nach links oder rechts abbiegt und die Fahrt  
dann in Geradeausrichtung fortführt. Dabei ist selbstverständlich sicherzu-  
stellen, dass die Abbiegerichtung nicht so gewählt wird, dass die Bodenver-  
dichtungsvorrichtung nach dem Abbiegen weiterhin das Bestreben hat, die  
sich in ihrer Nähe befindliche Flächengrenze zu überfahren. Es kann daher  
besonders vorteilhaft sein, wenn der Änderungswinkel ein spitzer Winkel  
kleiner als  $90^\circ$  ist, so dass die Bodenverdichtungsvorrichtung mit spitzem  
10 Winkel von der Flächengrenze "reflektiert" wird.

Alternativ dazu ist es bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung  
möglich, dass sich der "Abbiegewinkel" jeweils ändert und nach dem Zu-  
fallsprinzip - oder aus einer vorgegebenen Tabelle - durch den Fahrtgeber  
15 ausgewählt wird.

Diese Maßnahmen sind geeignet, ein zufälliges Überfahren der zu verdich-  
tenden Fläche durch die Bodenverdichtungsvorrichtung zu gewährleisten.  
Im Laufe der Zeit ist es dadurch möglich, nahezu die gesamte Fläche voll-  
20 ständig zu überfahren. Sofern gegen Ende des Verdichtungsprozesses einzel-  
ne Bodenbereiche noch nicht überfahren und somit verdichtet worden sind,  
kann der Bediener nachfolgend manuell eingreifen und diese Flächen gezielt  
verdichten.

25 Bei einer anderen, besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung  
ist eine Wegplanungseinrichtung zum Festlegen einer Vorgabe für einen  
Fahrweg (Kurs) aufgrund der festgelegten Fläche vorgesehen, wobei die Bo-  
denverdichtungsvorrichtung bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu ver-  
dichtende Fläche wenigstens einmal vollständig überfährt.

30 Das bedeutet, dass aufgrund der in der Flächendefinitionseinrichtung ge-  
speicherten Angaben zu der zu verdichtenden Fläche und der zugehörigen  
Flächengrenzen ein Fahrweg geplant werden kann, dem die Bodenverdich-  
tungsvorrichtung folgen muss, um die zu verdichtende Fläche zu überfah-  
ren. Die Fahrwegsplanung kann mit Rechnerunterstützung automatisiert  
35 durchgeführt werden, wobei auch die Breite der Bodenverdichtungsvorrich-  
tung berücksichtigt wird. Gerade bei einfach geschnittenen Flächen jedoch

- 5 -

- 1 ist es auch möglich, die Fahrwegsplanung dem Bediener zu überlassen. Er muss lediglich - z. B. durch Einzeichnen des Fahrwegs in eine auf einem Bildschirm dargestellte Fläche - die Fahrwegskoordinaten vorgeben.
- 5 Vorteilhafterweise ist die Positionserfassungseinrichtung zum ständigen Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung innerhalb der Flächengrenzen ausgebildet. Das bedeutet, dass die Positionserfassungseinrichtung stets die genaue Position - ggfs. sogar die Fahrtrichtung - der Bodenverdichtungsvorrichtung kennt.
- 10 Bei dieser Ausführungsform ist der Fahrtgeber derart ausgebildet, dass er aufgrund eines Vergleichs der von der Positionserfassungseinrichtung übermittelten aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung mit der von der Wegplanungseinrichtung gegebenen Fahrwegsvorgabe einen Sollwert für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung bestimmt. Dieser Sollwert wird derart gewählt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung der Fahrwegsvorgabe folgt.
- 15 Bei dieser besonders vorteilhaften Ausführungsform ist es somit möglich, nach Eingabe der Koordinaten der zu verdichtenden Fläche einen Fahrweg festzulegen, dem die Bodenverdichtungsvorrichtung automatisch folgt. Der Fahrtgeber stellt sicher, dass die Position der Bodenverdichtungsvorrichtung nicht von dem vorgegebenen Fahrweg abweicht. Vielmehr kann der Fahrtgeber durch Beeinflussung der Antriebe der Bodenverdichtungsvorrichtung, insbesondere von Vorschub und Lenkung gewährleisten, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung den vorgegebenen Weg nachfährt.
- 20 Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Flächendefinitionseinrichtung eine Koordinatenerfassungseinrichtung zum Bestimmen von absoluten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen Aufenthaltsortes auf. Weiterhin ist ein Speicher mit geografischen Ortsinformationen zu dem Bereich der zu verdichtenden Fläche mit der Flächendefinitionseinrichtung gekoppelt.
- 25 Damit ermöglicht es die Flächendefinitionseinrichtung, erforderliche Ortsinformationen zu dem Gebiet, in dem sich die zu verdichtende Fläche befindet, bereitzustellen und gegebenenfalls dem Bediener zu präsentieren. Zum Bei-

- 6 -

1   spiel kann die Flächendefinitionseinrichtung mit Hilfe eines GPS-Empfängers ihren Aufenthaltsort bestimmen und aus einem magnetooptischen Speichermedium (CD-ROM, DVD-ROM) zugehörige Ortsdaten auslesen und dem Bediener auf einem Display anzeigen. Für den Bediener ist es dann einfach

5   möglich, auf dem Bildschirm die nötigen Vorgaben zur Definition der zu verdichtenden Fläche einzugeben. Dazu ist es vorteilhaft, wenn die Flächengrenzen durch absolute Ortskoordinaten definierbar sind.

10   Die Definition der Flächengrenzen durch absolute Ortskoordinaten ist auch besonders dann zweckmäßig, wenn auch die Positionserfassungseinrichtung die absoluten Ortskoordinaten der Bodenverdichtungsvorrichtung bestimmt. Die jeweils vorliegenden Koordinaten lassen sich dann in geeigneter Weise in Einklang bringen.

15   Die Fahrwegsvorgabe wiederum kann durch die Wegplanungseinrichtung in Form von absoluten oder relativen geografischen Ortskoordinaten definiert werden. Relative geografische Ortskoordinaten haben den Vorteil, dass - ausgehend von einem Referenzpunkt - auch Relativangaben (Winkel, Richtungen, Himmelsrichtungen, Fahrstrecken) ausreichen, um den Fahrweg zu

20   definieren.

25   Sofern die Wegplanung automatisiert erfolgen soll, ist es zweckmäßig, wenn die Wegplanungseinrichtung mathematische Algorithmen zur weg- und/oder zeitoptimierten Wegplanung aufweist. Aufgrund der Tatsache, dass bei der Fahrt einer Bodenverdichtungsvorrichtung ohnehin gewisse Toleranzen auftreten, sind die Anforderungen an die Optimierungsalgorithmen nicht sehr hoch zu stellen. So kann es für die meisten Fälle ausreichen, wenn die Algorithmen ein Hin- und Herfahren der Bodenverdichtungsvorrichtung oder einen mäander- bzw. spiralförmigen Fahrweg planen.

30   Besonders vorteilhaft ist es, wenn wenigstens ein Teil der Komponenten der Steuervorrichtung, insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung, der Fahrtgeber oder die Wegplanungseinrichtung räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung angeordnet sind. Die Bodenverdichtungsvorrichtung ist naturgemäß stark schwingungsbehaftet. Sofern die genannten Komponenten nicht auf der Bodenverdichtungsvorrichtung selbst, sondern räumlich davon getrennt aufgestellt werden können, lassen sich auch emp-

1    findlichere elektronische Bauteile verwenden, die beim Einsatz nahe eines Schwingungserregers der Bodenverdichtungsvorrichtung schnell Schaden nehmen würden.

5    Zur Übermittlung der erforderlichen Daten zwischen den Komponenten, insbesondere zwischen dem Fahrtgeber und der Bodenverdichtungsvorrichtung, kann vorteilhafterweise eine Funk-, Laser- oder Infrarotstrecke eingesetzt werden. Darüber sollte wenigstens der Sollwert vom Fahrtgeber übermittelt werden.

10   Besonders vorteilhaft ist es, wenn darüber hinaus eine Eingabeeinrichtung zum manuellen Verändern des von dem Fahrtgeber vorgegebenen Sollwerts vorgesehen ist. Damit hat der Bediener die Möglichkeit, z. B. wenn Gefahr im Verzug ist, die automatische Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung durch manuellen Eingriff außer Kraft zu setzen, so dass die Bodenverdichtungsvorrichtung lediglich den manuellen Befehlen gehorcht.

15   Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Positionserfassungseinrichtung mit einem - ggfs. räumlich von der Bodenverdichtungsvorrichtung getrennt vorgesehenen - Speicher gekoppelt, um Daten zu den jeweils von der Bodenverdichtungsvorrichtung erreichten Positionen zu speichern. Diese Daten können z. B. absolute geografische Ortskoordinaten sein.

20   Die gespeicherten Daten lassen sich z. B. an eine Auswerteeinrichtung übergeben, die unter Berücksichtigung der Daten der Flächendefinitionseinrichtung z. B. in grafischer Weise den Verdichtungserfolg darstellt. Dazu können durch die Auswerteeinrichtung auf einem Display die vorgegebenen Flächen-25    grenzen dargestellt sowie die von der Bodenverdichtungsvorrichtung zum jeweiligen Zeitpunkt bereits verdichtete Fläche angezeigt werden. Dadurch ist es für den Bediener sehr einfach festzustellen, ob die Bodenverdichtungsvorrichtung die vorgegebene Fläche in der gewünschten Weise überfahren und verdichtet hat. Bei der grafischen Anzeige kann selbstverständlich auch die Breite der Bodenverdichtungsvorrichtung und damit die Breite der jeweils30    verdichteten Spur Berücksichtigung finden.

35   Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung nutzt das Bodenverdichtungssystem eine Bodenverdichtungsvorrichtung, wie sie z. B.

1 aus der DE 100 53 446 A1 bekannt ist. Wie bereits oben ausgeführt, weist  
eine derartige Bodenverdichtungsvorrichtung eine Fahrtrichtungsstabilisie-  
rung auf, die es ermöglicht, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung exakt  
dem von einem Bediener vorgegebenen Weg folgt.

5 Dazu weist die Bodenverdichtungsvorrichtung einen z. B. einen Schwin-  
gungserreger umfassenden Fahrantrieb zum Erzeugen einer Vortriebsbewe-  
gung, eine Lenkeinrichtung zum Erzeugen eines Giermoments um eine  
10 Hochachse der Bodenverdichtungsvorrichtung sowie eine Bewegungserfas-  
sungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung auf.  
Weiterhin ist eine Fahrtregelungseinrichtung vorgesehen, die mit dem Ist-  
wert und dem vom Fahrtgeber des Bodenverdichtungssystems vorgegebenen  
15 Sollwert beaufschlagbar ist und die Lenkeinrichtung bzw. den Fahrantrieb  
derart ansteuert, dass eine Differenz zwischen Ist- und Sollwert minimal  
wird.

Die aus der DE 100 53 446 A1 bekannte Bodenverdichtungsvorrichtung wird  
somit durch die Erfindung weiterentwickelt. Während dort nämlich die Soll-  
wertvorgabe mittels einer Fernsteuerung durch den Bediener erfolgte, wird  
20 der Sollwert erfindungsgemäß von dem Fahrtgeber vorgegeben, der versucht,  
die Bodenverdichtungsvorrichtung innerhalb der zu verdichtenden Fläche zu  
bewegen. Die aus der DE 100 53 446 A1 beschriebene Fahrtrichtungsstabi-  
lisierung erleichtert dem Fahrtgeber die Arbeit, weil Störungen beim Verfah-  
ren der Bodenverdichtungsvorrichtung, z. B. durch unebene Böden, Steine,  
25 Querkräfte, etc., sofort durch die Bodenverdichtungsvorrichtung selbst aus-  
geregelt werden und nicht eine Abweichung der Bodenverdichtungsvorrich-  
tung vom vorgegebenen Kurs bewirken.

30 Auf diese Weise weist das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem we-  
nistens zwei Regelkreise auf: Der äußere Regelkreis umfasst den Fahrtge-  
ber und bewirkt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung einem bestimmten  
Weg bzw. Kurs folgt. Der Weg kann entweder ein mehr oder weniger zufällig  
bestimmter Weg innerhalb der Grenzen der zu verdichtenden Fläche oder ein  
35 exakt durch die Wegplanungseinrichtung vorgegebener Fahrweg sein. Der  
innere Regelkreis hingegen ist direkt mit der Bodenverdichtungsvorrichtung  
gekoppelt und erkennt bereits geringfügige Abweichungen von einer durch  
den äußeren Regelkreis vorgegebenen Fahrtrichtung bei einer Geradeaus-

1 oder Kurvenfahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung. Durch Kombination der beiden Regelkreise ist es möglich, die Bodenverdichtungsvorrichtung sehr präzise auf der zu verdichtenden Fläche zu verfahren.

5 Der mechanische Aufbau einer als Bodenverdichtungsvorrichtung geeigneten Vibrationsplatte ist an sich bekannt und in der DE 100 53 446 A1 ausführlich beschrieben, so dass sich eine Wiederholung erübrigt. Jedenfalls ist es zweckmäßig, wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung einen Schwingungserreger mit zwei zueinander parallelen, gegenläufig formschlüssig drehbaren Wellen aufweist, die jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragen und deren Phasenlage zueinander verstellbar ist. Durch die Verstellung der Phasenlage ist es möglich, eine Fahrbewegung der Vibrationsplatte in Vorwärts- und Rückwärts-Richtung zu bewirken.

10

15 Besonders vorteilhaft ist es, wenn auf wenigstens einer der Wellen des Schwingungserregers zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind, die hinsichtlich ihrer Phasenlage zueinander verstellbar sind. Dadurch wird eine Lenkeinrichtung gebildet, mit der es dann möglich ist, die Phasenlage der Unwuchtmassen zueinander einzustellen und dadurch ein Giermoment

20 um die Hochachse der Vibrationsplatte zu erzeugen, was eine Verdrehung der Vibrationsplatte über dem Boden zur Folge hat.

25 Aufgrund der hochentwickelten Fahrtregelungseinrichtung ist es nicht nur möglich, die Vibrationsplatte hin- und her zu verfahren bzw. im Stand zu verdrehen. Vielmehr lassen sich auch Kurvenradien durch Überlagerung der Vortriebsbewegung und des Giermoments präzise durchfahren. Diesen besonderen Vorteil macht sich das erfundungsgemäße Bodenverdichtungssystem zunutze, um insbesondere in Kombination mit der Wegplanungseinrichtung optimierte Fahrwege auf der zu verdichtenden Fläche zu realisieren.

30

35 Bei einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung sind in der Vibrationsplatte mehrere Schwingungserregungseinrichtungen vorgesehen, die nach dem gleichen, oben beschriebenen Zwei-Wellen-Prinzip arbeiten. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Vortriebsrichtung von wenigstens einer der Schwingungserregungseinrichtung von denen der anderen abweicht. Durch gezielte individuelle Ansteuerung der einzelnen Schwingungserregungsein-

1 richtungen ist es dann möglich, die Vibrationsplatte in verschiedene Rich-  
tungen zu bewegen, ohne dass die den Boden berührende Bodenkontaktplat-  
te über dem Boden verdreht werden muss. Vielmehr bleibt die Relativstel-  
lung der Bodenkontaktplatte zum Boden erhalten, während die Bodenkon-  
5 taktpalte und damit die gesamte Vibrationsplatte aufgrund der Wirkung  
der jeweiligen Schwingungserregungseinrichtungen in die gewünschte Rich-  
tung bewegt wird. Die jeweils nicht zum Vortrieb oder zur Lenkung genutz-  
ten Schwingungserregungseinrichtungen können dabei derart eingestellt  
werden, dass sie lediglich eine Vertikalschwingung erzeugen, die ausschließ-  
10 lich zur Bodenverdichtung genutzt werden kann, wie auch in der DE 100 53  
446 A1 beschrieben.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung dieser Variante weist die  
15 von den Schwingungserregungseinrichtungen beaufschlagte Bodenkontakt-  
platte einen im Wesentlichen kreisförmigen Grundriss auf. Dieser Grundriss  
ermöglicht es in besonders einfacher Weise, die Vibrationsplatte gleichmäßig  
in alle Himmelsrichtungen zu bewegen.

Wie bereits oben dargelegt, lässt sich das erfindungsgemäße Bodenverdich-  
20 tungssystem zur Realisierung von zwei alternativen Verfahren zur automati-  
sierten Bodenverdichtung nutzen:

Nach einem ersten erfindungsgemäßen Verfahren wird die Bodenverdich-  
tungsvorrichtung automatisch innerhalb der Flächengrenzen, vorzugsweise  
25 in Geradeausrichtung verfahren, wobei eine Annäherung der Bodenverdich-  
tungsvorrichtung an eine der Flächengrenzen erfasst wird. Bei Annäherung  
an eine Flächengrenze erfolgt ein automatisches Ändern der Fahrtrichtung  
der Bodenverdichtungsvorrichtung derart, das die Bodenverdichtungsvor-  
richtung die jeweilige Flächengrenze nicht überfährt, sondern innerhalb der  
30 Fläche die Fahrt fortsetzt.

Gemäß dem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren ist es ebenfalls möglich,  
zunächst die Flächengrenzen der zu verdichtenden Fläche zu definieren, wo-  
bei die die Flächengrenzen repräsentierenden Daten gespeichert werden  
35 können. Aufgrund dieser Daten wird eine Vorgabe für einen Fahrweg ge-  
plant, mit dem sichergestellt wird, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung  
bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche wenigstens

1 einmal vollständig überfährt. Schließlich wird die Bodenverdichtungsvorrichtung automatisch entlang der Fahrwegsvorgabe verfahren.

5 Die bisher beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung zielen im Wesentlichen auf eine geometrische Vorgabe bzw. Beinflussung des Fahrwegs der Bodenverdichtungsvorrichtung ab. Bei einer besonders vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung ist es alternativ oder ergänzend möglich, den Bodenverdichtungszustand des Bodens zu erfassen und als Kriterium für die Wegplanung zu nutzen. Dies ist insbesondere jeweils an der Stelle möglich, die

10 gerade von der Bodenverdichtungsvorrichtung überfahren wird. So ist es zum Beispiel bekannt, aufgrund der auf eine Bodenkontaktplatte der Bodenverdichtungsvorrichtung wirkenden Reaktionskräfte des Bodens oder aufgrund seines Dämpfungsverhaltens Rückschlüsse auf den Verdichtungszustand zu ziehen. Auch ist es möglich, aufgrund von Änderungen dieses Verhaltens zu erkennen, inwieweit der Boden bereits verdichtet ist. In diesem

15 Zusammenhang sei zum Beispiel auf die DE 100 46 336 A1, WO-A-98-17865 und WO-A-95-10664 verwiesen, in denen derartige Möglichkeiten zum Feststellen des Verdichtungszustandes erörtert sind.

20 Die auf diese Weise gewonnene Information über den Ist-Verdichtungszustand des Bodens wird mit einem Sollwert verglichen, den der Bediener über ein geeignetes Eingabemedium, zum Beispiel aber auch per Fernsteuerung oder über einen Computer (Laptop) eingeben kann. Wenn erkannt wird, dass der Ist-Verdichtungszustand den Soll-Verdichtungszustand übersteigt und

25 somit das gewünschte Verdichtungsergebnis in diesem Bereich des Bodens erzielt worden ist, kann die Wegplanungseinrichtung eine Änderung der Fahrwegsvorgabe derart vornehmen, dass der betreffende Bodenbereich nicht nochmals überfahren wird. Es ist somit möglich, durch Kombination der Flächendefinitionsdaten des zu verdichtenden Bodens und der Positions-

30 daten der Bodenverdichtungsvorrichtung einerseits mit den ermittelten Verdichtungsdaten andererseits durch die Wegplanungseinrichtung eine Strategie festzulegen, um eine weg- oder zeitoptimierte Wegstrecke für die Fahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung vorzugeben. Dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn mehrere Übergänge der Bodenverdichtungsvorrichtung über

35 den Boden erforderlich sind.

Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend

- 12 -

1 unter Zuhilfenahme der begleitenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

5      **Fig. 1**      eine schematische Draufsicht einer zu verdichtenden Fläche zur Erläuterung einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

10     **Fig. 2**      in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Bodenverdichtungssystem in der ersten Ausführungsform;

15     **Fig. 3**      eine schematische Darstellung einer zu verdichtenden Fläche zur Erläuterung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

20     **Fig. 4**      ein Schema zur Erläuterung der Fahrtregelung bei der zweiten Ausführungsform der Erfindung;

25     **Fig. 5**      verschiedene Varianten einer Bodenverdichtungsvorrichtung für das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem.

30     Fig. 1 zeigt in schematischer Draufsicht eine zu verdichtende Fläche 1, die von (in der Realität unsichtbaren) Flächengrenzen 2 umschlossen bzw. definiert ist.

35     Die Fläche 1 besteht z. B. aus einem locker aufgeschütteten Boden aus Kies oder Erde und ist zur Verfestigung durch eine Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu verdichten. Als Bodenverdichtungsvorrichtung 3 eignet sich in üblicher Weise eine an sich bekannte Vibrationswalze oder eine Vibrationsplatte. Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 weist wenigstens einen Schwingungserreger auf, mit dem eine Bandagentrommel (bei der Walze) oder eine Bodenkontaktplatte (bei der Vibrationsplatte bzw. Rüttelplatte) mit einer vorzugsweise vertikalen Schwingung beaufschlagt wird. Dieses Bodenverdichtungsprinzip ist seit langem bekannt und bewährt, so dass sich eine weitergehende Erläuterung erübrigt.

35     In Fig. 1 ist dargestellt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 innerhalb der Flächengrenzen 2 entlang eines Fahrwegs 4 bewegt wurde und dadurch bereits einen Teil der Fläche 1 verdichtet hat. Der Fahrweg 4 in dem in Fig.

1 1 gezeigten Beispiel verläuft im Wesentlichen spiralförmig. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Fläche 1 mit Hilfe von anderen Fahrwegen, z. B. einem mäanderförmigen Weg, einem Hin- und Herfahren der Bodenverdichtungsvorrichtung 3, einer Zickzack-Fahrt oder gar durch völlig zufälliges  
5 Überfahren der Fläche 1 zu verdichten.

10 Zur Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist es unter anderem bekannt, eine Fernsteuerung 5 vorzusehen, die Steuerbefehle an die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 über Kabel oder kabellos über eine Funk-, Infrarot- oder Laserstrecke übermittelt und dadurch die Vorwärts-, Rückwärts- oder Lenkbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 kontrolliert. Üblicherweise wird die Fernsteuerung 5 von einem Bediener gehalten, der dadurch die gewünschten Steuerbefehle vorgeben kann.

15 Erfnungsgemäß jedoch weist die Fernsteuerung 5 erheblich mehr Komponenten und Funktionen auf, als aus dem Stand der Technik bekannt. Dies wird im Zusammenhang mit Fig. 2 deutlich.

20 Danach weist die Fernsteuerung 5 (auch als Steuervorrichtung bezeichnet) unter anderem eine Flächendefinitionseinrichtung 6, eine Wegplanungseinrichtung 7, einen Fahrtgeber 8a sowie eine zusätzliche Eingabeeinrichtung 9 auf. Insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung 6, die Wegplanungseinrichtung 7 und der Fahrtgeber 8a können besonders vorteilhaft softwaremäßig in einem Computer 10, z. B. einem Laptop, mit einer Eingabeeinrichtung 11 und einer Anzeige 12 untergebracht werden.

25 Über einen Sender 13 ist die Fernsteuerung 5 über eine Funk-, Infrarot- oder Laserstrecke mit einem Empfänger 14 auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 gekoppelt, der die von der Fernsteuerung 5 erhaltenen Steuer-  
30 signale an eine Fahrtregelungseinrichtung 15 weitergibt.

35 Die Fahrtregelungseinrichtung 15 der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 dient zum Ansteuern eines Schwingungserregers 16, der in bekannter Weise eine Vertikalschwingung zur Bodenverdichtung in eine Bodenkontaktplatte 17 einleitet. Der Schwingungserreger 16 besteht aus einem sogenannten Zwei-Wellen-Erreger, wobei die Wellen 25, 26 formschlüssig gegenläufig drehbar miteinander gekoppelt sind und jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tra-

1 gen. Außer zur Erzeugung der Vertikalschwingung zur Bodenverdichtung  
dient der Schwingungserreger 16 auch zum Erzeugen einer Kraftwirkung in  
Fahrtrichtung (vorwärts oder rückwärts) sowie zum Erzeugen eines Giermo-  
ments um die Hochachse der Bodenverdichtungsvorrichtung 3, um eine  
5 Lenkbewegung zu erzeugen. Ein derartiger Schwingungserreger 16 ist z. B.  
aus der DE 100 53 446 A1 sowie der DE-G 78 18 542.9 bekannt, so dass  
sich eine weitergehende Beschreibung erübrigt.

10 An der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist darüber hinaus eine Positionser-  
fassungseinrichtung 18 zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenver-  
dichtungsvorrichtung 3 vorgesehen. Bei der Positionserfassungseinrichtung  
18 kann es sich z. B. um einen GPS-Empfänger handeln. Alternativ dazu ist  
es möglich, die Positionserfassungseinrichtung 18 auch räumlich getrennt  
15 von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3, z. B. an der Fernsteuerung 5, vor-  
zusehen, wobei dann Mittel vorhanden sein müssen, mit denen die Posi-  
tionserfassungseinrichtung 18 relativ präzise den jeweiligen aktuellen  
Standort der Bodenverdichtungsvorrichtung feststellen kann (Laser, Radar).

20 Sofern die Positionserfassungseinrichtung 18 auf der Bodenverdichtungsvor-  
richtung 3 angeordnet ist, genügt es, wenn sie zum Bestimmen von absolu-  
ten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen eigenen Aufenthaltsortes  
ausgebildet ist. Wenn aber die Positionserfassungseinrichtung 18 außerhalb  
25 von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 aufgebaut wird, muss sie selbst-  
verständlich in der Lage sein, die Ortskoordinaten des jeweiligen Aufent-  
haltsortes der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu bestimmen.

30 Ebenso ist es möglich, den Fahrtgeber 8a statt in der Fernsteuerung 5 eben-  
falls an der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 anzuordnen (Bezugszeichen  
8b). Grundsätzlich ist aber zu beachten, dass jegliche Elektronik möglichst  
fernab von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 angeordnet werden sollte,  
um eine Beschädigung durch die starken Schwingungen des Schwingungser-  
regers 16 zu vermeiden. Sofern also möglich, sollten die erforderlichen Da-  
ten an der Fernsteuerung 5 generiert und dann nur noch zur Steuerung des  
35 Schwingungserregers 16 an die Bodenverdichtungsvorrichtung 3, über den  
Empfänger 14 und die Fahrtregelungseinrichtung 15 übermittelt werden.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines ersten Bei-

1 spiels erläutert. In dem Computer 10 ist ein nicht dargestellter Speicher, z.  
B. eine CD-ROM, vorgesehen, auf der geografische Ortsdaten gespeichert  
sind, die wenigstens den Bereich betreffen, in dem sich die zu verdichtende  
Fläche 1 befindet. Derartige Speichermedien sind z. B. für Navigationssyste-  
5 me in Fahrzeugen erhältlich.

Über einen nicht dargestellten GPS-Empfänger, der beispielsweise auch in  
10 der Positionserfassungseinrichtung 18 vorgesehen sein kann, erhält die Flä-  
chendefinitionseinrichtung 6 die erforderlichen Angaben, um aus dem Orts-  
speicher die geografischen Ortsangaben zu ermitteln und auf der Anzeige 12  
darzustellen. Mit Hilfe der Eingabeeinrichtung 11, wozu auch eine bekannte  
15 Maus-Steuerung oder andere grafische Eingabemittel gehören können, defi-  
niert der Bediener auf der Anzeige 12 die Grenzen 2 der zu verdichtenden  
Fläche 1. In der Flächendefinitionseinrichtung 6 werden die grafischen Ein-  
gaben vom Bediener in absolute oder relative Ortskoordinaten umgesetzt  
15 und der Wegplanungseinrichtung 7 zur Verfügung gestellt.

Absolute Ortskoordinaten, z. B. in Form von GPS-Koordinaten, eignen sich  
20 besonders gut für eine präzise Bodenverdichtung einer größeren Fläche. Al-  
ternativ dazu ist es auch möglich, mit relativen Ortskoordinaten zu arbeiten  
und - ausgehend von einem Referenzpunkt - mit Hilfe der Flächendefini-  
tionseinrichtung 6 Relativangaben, wie z. B. Längen, Winkel, Himmelsrich-  
tungen, einzugeben.

25 Die Verwendung von relativen Ortskoordinaten kann insbesondere dann vor-  
teilhaft sein, wenn sich die Bestimmung absoluter Ortskoordinaten (z. B.  
GPS-Koordinaten) als schwierig oder zu ungenau erweist. Zur Bestimmung  
der relativen Ortskoordinaten kann die Positionserfassungseinrichtung z. B.  
30 einen in der Nähe der zu verdichtenden Fläche 1 aufgestellten Sender auf-  
weisen, der die Fläche 1 mit einem bestimmten Signal überstreicht. Vorteil-  
hafterweise ist darüber hinaus ein zweiter Sender von dem ersten Sender  
räumlich getrennt aufgebaut, der ebenfalls ein Signal abstrahlt, so dass ein  
zu der Positionserfassungseinrichtung 18 gehörender Empfänger auf der Bo-  
denverdichtungsvorrichtung 3 durch Auswertung der Signale (z. B. durch  
35 Bestimmung von Interferenzen oder Phasenunterschieden) die genaue Rela-  
tivstellung sowie gegebenenfalls die Relativbewegung zu den Sendern ermit-  
teln kann. Der zweite Sender kann auch durch einen Transponder gebildet

- 1 werden, dem von außen kein zweites Signal zugeführt wird und der lediglich das Signal des ersten Senders zurückgibt, so dass das aufwändige Verlegen von Leitungskabeln zu dem zweiten Sender entfällt.
- 5 Selbstverständlich sind auch andere Vorrichtungen und Verfahren zur Bestimmung der Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 möglich, wie sie z. B. aus der Seefahrt- und der Flugzeugtechnik oder neuerdings aus der Fahrzeugnavigation bekannt sind.
- 10 Die Wegplanungseinrichtung 7 legt aufgrund von mathematischen Algorithmen einen Fahrweg fest, auf dem sich die Vibrationsplatte 3 bewegen muss, um die Fläche 1 vollständig zu verdichten. Wie bereits beschrieben ist es dabei möglich, als Zielvorgabe für die Wegplanung einen spiralförmigen Weg, einen mäandrierenden oder streifenförmigen Verlauf oder eine Zickzack-Bewegung des Wegs vorzugeben. Selbstverständlich sind hier verschiedene Bewegungsschemata möglich, die vom Bediener ausgewählt werden können. Ziel der Wegplanung ist es, die zu verdichtende Fläche 1 wenigstens einmal vollständig zu überfahren. Um eine ausreichende Bodenverdichtung erreichen zu können, wird es jedoch oftmals erforderlich sein, die Fläche mehrmals zu überfahren. Diese Anforderung kann ebenfalls bei der Wegplanung berücksichtigt werden.
- 15
- 20
- 25

Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 wird manuell, z. B. mit Hilfe der Eingabeinrichtung 9, vom Bediener in die Nähe oder auf die zu verdichtende Fläche 1 gefahren.

- 30 Zu Beginn der Verdichtungsarbeit erhält der Fahrtgeber 8a in der Fernsteuerung 5 bzw. der alternative Fahrtgeber 8b auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 einerseits die den vorgegebenen Fahrweg 4 repräsentierenden Daten von der Wegplanungseinrichtung 7 und andererseits Signale von der Positionserfassungseinrichtung 18, die den Fahrtgeber 8a, 8b über die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 informiert. Der Fahrtgeber 8a, 8b leitet dann über die Fahrtregelungseinrichtung 15 die entsprechenden Maßnahmen ein, um die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 auf dem von der Wegplanungseinrichtung 7 vorgegebenen Kurs zu bewegen. Wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 vom vorgegebenen Fahrweg 4 abweicht, regelt der Fahrtgeber 8a/8b entsprechend gegen, um die Abweichung zu kompen-
- 35

1 sieren.

Auf diese Weise ist eine automatische Verdichtung der Fläche 1 möglich, ohne dass der Bediener eingreifen und die Fahrt manuell steuern muss.

5

Lediglich für Notfälle oder bei besonderen Hindernissen steht ihm die Eingabeeinrichtung 9 zur Verfügung, die - wie eine klassische Fernsteuerung - über den Empfänger 14 und die Fahrtregelungseinrichtung 15 das Fahrverhalten der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 beeinflusst.

10

Alternativ dazu ist es auch möglich, durch die Eingabeeinrichtung 9 den vom Fahrtgeber 8a/8b vorgegebenen Sollwert nachträglich zu verändern und dann erst an die Fahrtregelungseinrichtung 15 zur Steuerung des Schwingungserregers 16 weiterzuleiten.

15

Zur Sicherheit ist es zweckmäßig, dass die Eingabeeinrichtung 9 in jedem Fall die automatische Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 überstimmen kann. Auf diese Weise behält der Bediener die Kompetenz, die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 jederzeit und unabhängig von der Automatik steuern zu können.

20

Damit die Positionserfassungseinrichtung 18 ihre Daten an die Steuervorrichtung 5 übermitteln kann, ist es zweckmäßig, wenn einerseits der Empfänger 14 auch als Sender und andererseits der Sender 13 auch als Empfänger ausgebildet ist. Auf diese Weise ist ein ständiger Austausch der Daten zwischen der Steuervorrichtung 5 und der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 möglich, wobei auch andere, nicht die Erfindung betreffende Informationen, wie z. B. Motordrehzahl, Schwingungsfrequenzen, Schwingungsamplituden, Öltemperatur, Daten zur Bestimmung des aktuellen Verdichtungszustands des Bodens, etc., übertragen und z. B. auf der Anzeige 12 angezeigt werden können.

25

Die räumliche Zuordnung der Komponenten der Steuervorrichtung/Fernsteuerung 5 ist nicht so streng wie in Fig. 2 dargestellt. So ist es ohne weiteres möglich, zumindest einzelne Komponenten der Steuervorrichtung 5 auch direkt auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 anzuordnen, wenn dies zweckmäßig ist. Auch ist es möglich, die Steuervorrichtung 5 vollständig, d.

30

35

1 h. einschließlich der Eingabeeinrichtung 11 und der Anzeige 12 direkt auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 anzuordnen. Das kann besonders dann zweckmäßig sein, wenn die Flächendefinition in besonders einfacher Weise, z. B. ohne Zuhilfenahme von GPS-Koordinaten, erfolgen soll.

5

Besonders hilfreich ist es, wenn die Daten der Positionserfassungseinrichtung 18 zusätzlich in einem Speicher abgelegt werden, der mit einer Auswerteeinrichtung gekoppelt ist. Die Auswerteeinrichtung ist in der Lage, die Daten der Positionserfassungseinrichtung 18 grafisch z. B. auf der Anzeige 12 darzustellen. Auf diese Weise hat der Bediener die Möglichkeit, relativ leicht den bereits zurückgelegten Fahrweg der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu kontrollieren und z. B. mit der vordefinierten Fläche 1 bzw. deren Flächengrenzen 2 zu vergleichen. Ebenfalls kann der von der Wegplanungseinrichtung 7 vorgegebene Fahrweg 4 auf der Anzeige 12 dargestellt werden, was die Kontrollmöglichkeit für den Bediener verbessert. Jedenfalls hat der Bediener damit die Möglichkeit zu erkennen, ob die Vibrationsplatte 3 tatsächlich die Fläche 1 in der gewünschten Weise überfahren hat.

10

15

Alternativ zu einer grafischen Darstellung können auch Istwertprotokolle erstellt werden, die in schriftlicher Form mit den Sollwertvorgaben verglichen werden können.

Anhand der Fig. 3 und 4 wird eine zweite Ausführungsform der Erfindung erläutert.

20

25

Diese Variante ist einfacher gestaltet als die weiter oben beschriebene erste Ausführungsform. Insbesondere ist es hierbei nicht erforderlich, permanent die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu erfassen. Ebenfalls ist keine Wegplanungseinrichtung erforderlich. Die Definition der zu verdichtenden Fläche 1 mit Hilfe der Flächendefinitionseinrichtung 6 kann ebenfalls vereinfacht vorgenommen werden.

30

Der der zweiten Ausführungsform zugrundeliegende Gedanke der automatischen Bodenverdichtung besteht darin, dass die zu verdichtende Fläche mehr oder weniger zufällig von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 überfahren wird. Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 fährt dabei vorzugsweise stets geradeaus, bis sie eine der Flächengrenzen 2 erreicht. Dort angekom-

- 19 -

1 men ändert sie ihre Fahrtrichtung und fährt innerhalb der Fläche 1 in eine andere Richtung weiter, bis sie erneut auf eine Flächengrenze 2 stößt. Im Laufe der Zeit wird auf diese Weise nach dem Zufallsprinzip die gesamte Fläche 1 automatisch verdichtet.

5

Fig. 3 zeigt die Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 in Gera-deausrichtung entlang eines Fahrwegs 20. Bei Erreichen der Flächengrenze 2 ändert die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ihre Fahrtrichtung und führt die Fahrt fort. Die Richtungsänderung bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel 10 unterliegt folgender Regel: Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 biegt stets nach rechts ab und ändert ihren Richtungswinkel um  $315^\circ$ , so dass der Fahrweg 20 einen spitzen Abbiegewinkel  $\alpha$  von  $45^\circ$  einschließt. Selbstver-ständlich sind beliebige andere Winkelstellungen, aber auch andere Fahrtre-geln denkbar.

15

In Fig. 4 wird das Beispiel eines Abbiegewinkels  $\alpha$  von  $90^\circ$  gezeigt. Ein spitzer Abbiegewinkel  $\alpha$  hat jedoch den Vorteil, dass die Fläche 1 auch nach dem Zufallsprinzip relativ rasch verdichtet wird, während bei einem Winkel von  $90^\circ$ , insbesondere bei rechtwinklig zueinander stehenden Flächengrenzen 20, die Gefahr besteht, dass stets der gleiche Fahrweg 20 von der Vibra-tionsplatte 3 abgefahren wird.

25

Die Flächendefinitionseinrichtung kann im Verhältnis zur ersten Ausführungsform der Erfindung sehr einfach ausgestaltet werden. So ist es z. B. möglich, die Flächengrenzen 2 mit Hilfe eines gespannten Drahtes oder durch auf den Boden aufgesprühte Farbmarkierungen zu kennzeichnen. Selbstverständlich sind auch andere Kennzeichnungsmöglichkeiten denkbar, die nach einem mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Prinzip arbeiten. So ist es insbesondere bei rechteckigen Flächen sehr einfach denkbar, die Flächengrenzen 2 mit Hilfe von Lichtschran-ken zu definieren.

30

An der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist eine in eine in den Figuren nicht dargestellte Positionserfassungseinrichtung vorgesehen, die ebenfalls einfa-cher als die weiter oben erläuterte Positionserfassungseinrichtung 18 der er-sten Ausführungsform der Erfindung ausgestaltet sein kann. Es genügt nämlich, wenn die Positionserfassungseinrichtung lediglich die aktuelle Po-

- 20 -

1 sition der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 in der Nähe einer jeweiligen Flä-  
chengrenze 2, also eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 an  
die Flächengrenze 2 detektiert. Nicht hingegen ist es erforderlich, dass die  
Positionserfassungseinrichtung ständig die aktuelle Position der Bodenver-  
dichtungsvorrichtung 3 erfasst.  
5

Dementsprechend kann die Positionserfassungseinrichtung mit einem geeig-  
neten Detektor ausgestattet sein, um die oben definierten Flächengrenzen 2  
zu erkennen.

10 Bei Erreichen der Flächengrenze 2 bewirkt ein sich ebenfalls von dem oben  
beschriebenen Fahrtgeber 8a/8b unterscheidender, einfacherer Fahrtgeber  
(nicht dargestellt) eine Änderung einer Fahrtrichtung entsprechend einer  
15 vorgegebenen Regel. Wie oben dargelegt, ist es z. B. möglich, stets einen Ab-  
biegevorgang in die gleiche Richtung oder mit einem bestimmten Winkel vor-  
zusehen. Alternativ dazu können auch zufällig gewählte Winkel abgefahren  
werden. Es ist lediglich sicherzustellen, dass die Bodenverdichtungsvorrich-  
tung 3 nach Änderung der Fahrtrichtung nicht weiter das Bestreben hat,  
20 über die Flächengrenze 2 - hinauszufahren. Sollte dies - z. B. bei einer fest  
vorgegebenen Richtungsänderung mit einem konstanten Winkel bei be-  
stimmten Konstellationen von Flächengrenzen 2 - dennoch der Fall sein,  
müsste der Fahrtgeber umgehend entsprechende weitere Steuerungsmaß-  
nahmen, also z. B. eine erneute Richtungsänderung gemäß der vorgegebe-  
nen Regeln, ergreifen.

25 25  
In Fig. 4 ist gezeigt, dass die Flächengrenze 2 jeweils einen Grenzbereich 21  
umfassen darf, der eine gewisse Toleranz zulässt, innerhalb der die Boden-  
verdichtungsvorrichtung 3 ihre Fahrtrichtung zu ändern hat.

30 Wie bereits in der Beschreibungseinleitung ausführlich erläutert, weist das  
erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem vorzugsweise eine Bodenver-  
dichtungsvorrichtung mit einer Fahrtrichtungsstabilisierung auf, wie z. B.  
aus der DE 100 53 446 A1 bekannt. Dabei handelt es sich z. B. um eine Vi-  
brationsplatte 3 mit dem Schwingungserreger 16, der die zwei gegenläufig  
35 drehenden Wellen 25, 26 aufweist, auf denen jeweils wenigstens eine Un-  
wuchtmasse angeordnet ist.

1 Vorteilhafterweise ist die Bodenverdichtungsvorrichtung mit einer Fahrtrichtungsstabilisierung entsprechend der DE 100 35 446 A1 ausgestattet. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Selbstverständlich ist es auch möglich, für das Bodenverdichtungssystem eine konventionelle Bodenverdichtungsvorrichtung, insbesondere eine übliche Vibrationsplatte, zu verwenden, die keine Fahrtrichtungsstabilisierung im Sinne der DE 100 35 446 A1 aufweist. Für die Einhaltung des Fahrwegs sorgt dann der Fahrtgeber, wobei gelegentliche Abweichungen vom vorgegebenen Kurs akzeptiert werden.

5

10 In Anlehnung an die DE 100 35 446 A1 können auch Bodenverdichtungsvorrichtungen mit mehr als einem Schwingungserreger verwendet werden, wie z. B. in Fig. 5 gezeigt.

15 Fig. 5a zeigt schematisch die Draufsicht auf eine Vibrationsplatte mit der Bodenkontaktplatte 17, auf der zwei Schwingungserreger 27, 28 versetzt angeordnet sind. Zwischen den Schwingungserregern 27, 28 ist eine Hochachse 29 vorgesehen. Es ist erkennbar, dass die Schwingungserreger 27, 28 bei unterschiedlicher horizontaler Kraftwirkung ein Giermoment um die Hochachse 29 erzeugen können.

20 Bei der Variante in Fig. 5b sind auf der Grundplatte 17 einer Bodenverdichtungsvorrichtung die Schwingungserreger 27, 28 und zusätzlich ein weiterer Schwingungserreger 30 angeordnet. Allein aufgrund der Tatsache, dass alle drei Schwingungserreger Vertikalschwingungen erzeugen, ist ersichtlich, dass eine derartige Vibrationsplatte hervorragend zur wirksamen Bodenverdichtung geeignet ist. Durch die unterschiedlich angeordnete Wirkrichtung der Schwingungserreger - der mittlere Schwingungserreger 30 ist um 90° gegenüber den beiden anderen Schwingungserregern 27, 28 verdreht - wird die Lenkbarkeit der Vibrationsplatte verbessert.

25

30 Schließlich ist in Fig. 5c eine Vibrationsplatte mit einer kreisförmigen Bodenkontaktplatte 31 gezeigt, auf der zwei Schwingungserreger 27, 28 übereinander und um 90° zueinander versetzt angeordnet sind. Eine derartige Vibrationsplatte hat keine Vorzugsrichtung im Sinne einer Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt, sondern ist universell in jede Richtung einstellbar. Durch das Ansteuern der Phasenlagen der Unwuchten der einzelnen Schwingungserreger 27, 28 lässt sich nahezu jede beliebige Bewegungsrichtung der Vi-

35

- 22 -

1      brationsplatte realisieren. Dies ist insbesondere in Kombination mit dem er-  
findungsgemäßen Bodenverdichtungssystem sehr vorteilhaft, weil die Vibra-  
tionsplatte ihre Richtung ändern kann, ohne dass die Bodenkontaktplatte  
31 gegenüber dem zu verdichtenden Boden verdreht werden müsste.

5

In der DE 100 35 446 A1 sind weitere Möglichkeiten beschrieben, wie eine  
Bodenverdichtungsvorrichtung aussehen könnte, die in besonders vorteil-  
hafter Weise bei dem erfindungsgemäßen Bodenverdichtungssystem Verwen-  
dung findet.

10

15

20

25

30

35

1

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Bodenverdichtungssystem, mit
  - einer fahr- und lenkbaren Bodenverdichtungsvorrichtung (3); und
  - einer Steuervorrichtung (5);5 wobei die Steuervorrichtung (5) aufweist:
  - eine Flächendefinitionseinrichtung (6) zum Festlegen einer zu verdichtenden Fläche (1) und der zugehörigen Flächengrenzen (2) durch einen Bediener;10 - eine Positionserfassungseinrichtung (18), zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) wenigstens in der Nähe der Flächengrenzen (2);
  - einen Fahrtgeber (8a; 8b) zum Ändern einer Fahrtrichtung durch Vorgeben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flächengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt.15
2. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass 20
  - die Positionserfassungseinrichtung (18) wenigstens zum Erfassen einer Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) an eine der Flächengrenzen (2) ausgebildet ist;
  - die Fahrtrichtung durch den Fahrtgeber (8a; 8b) änderbar ist, wenn 25 die Positionserfassungseinrichtung (18) eine Annäherung an die Flächengrenze (2) feststellt.
3. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (18) eine Einrichtung zum mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Kennzeichnen der Flächengrenzen (2) aufweist. 30
4. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum mechanischen Kennzeichnen Band- oder Drahtmittel aufweist, die entlang der Flächengrenzen (2) spannbar sind. 35
5. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**,

1    **net**, dass die Einrichtung zum optischen Kennzeichnen Farbmittel auf-  
weist, die entlang der Flächengrenzen auf den Boden aufbringbar sind.

5    6. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeich-**  
5    **net**, dass die Einrichtung zum optischen Kennzeichnen eine Lichtschanke  
aufweist.

10    7. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **da-**  
10    **durch gekennzeichnet**, dass der Fahrtgeber (8a; 8b) eine Änderung der  
Fahrtrichtung zur ursprünglichen Fahrtrichtung mit einem vorgegebenen,  
während des gesamten Verdichtungsvorgangs konstanten Winkel ( $\alpha$ ) oder  
mit sich während des Verdichtungsvorgangs ändernden, nach dem Zu-  
fallsprinzip ausgewählten Winkeln bewirkt.

15    8. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeich-**  
15    **net**, dass die Steuervorrichtung aufweist:  
-    eine Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen einer Vorgabe für ei-  
nen Fahrweg (4) aufgrund der festgelegten Fläche (1), derart, dass die Bo-  
denverdichtungsvorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu  
verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt;  
20    wobei  
-    die Positionserfassungseinrichtung (18) zum Erfassen der aktuellen  
Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) innerhalb der Flächengren-  
zen (2) ausgebildet ist; und  
25    -    der Fahrtgeber (8a, 8b) zum Vorgeben eines Sollwerts für eine Fahr-  
bewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) aufgrund eines Vergleichs  
der aktuellen Position mit der Fahrwegsvorgabe ausgebildet ist, derart,  
dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) der Fahrwegsvorgabe folgt.

30    9. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeich-**  
30    **net**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) und/oder die Positionser-  
fassungseinrichtung (18) eine Koordinatenerfassungseinrichtung zum Be-  
stimmen von absoluten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen Auf-  
enthaltsortes aufweist.

35    10. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gek-**  
35    **ennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) einen Speicher

- 1 mit geografischen Ortsinformationen zu dem Bereich der zu verdichtenden Fläche (1) aufweist.
- 5 11. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **durch gekennzeichnet**, dass die Flächengrenzen (2) durch absolute Ortskoordinaten definierbar sind.
- 10 12. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **durch gekennzeichnet**, dass die Fahrwegsvorgabe durch die Wegplanungseinrichtung (7) in Form von absoluten oder relativen geografischen Ortskoordinaten definierbar ist.
- 15 13. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **durch gekennzeichnet**, dass die Wegplanungseinrichtung (7) mathematische Algorithmen zur weg- und/oder zeitoptimierten Wegplanung aufweist.
- 20 14. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **durch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Teil der Komponenten der Steuervorrichtung (5), insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung (6), der Fahrtgeber (8a) und/oder die Wegplanungseinrichtung (7), räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) angeordnet ist.
- 25 15. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **durch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) angeordnet ist, und dass Daten zwischen der Flächendefinitionseinrichtung (6) und der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) drahtlos, insbesondere über Funk, Infrarot oder durch Laser übertragbar sind.
- 30 16. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **durch gekennzeichnet**, dass räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) und mit dieser über eine Funk-, Laser- oder Infrarotstrecke gekoppelt eine Eingabeeinrichtung (9) zum manuellen Verändern des von dem Fahrtgeber (8a; 8b) vorgegebenen Sollwerts vorgesehen ist.
- 35 17. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **durch gekennzeichnet**, dass die Positionserfassungseinrichtung (18) mit

1 einem Speicher gekoppelt ist, zum Speichern von Daten zu den jeweils von  
der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) erreichten Positionen.

5 18. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 17, ge-  
kennzeichnet durch eine Auswerteeinrichtung, die mit der Flächendefini-  
tionseinrichtung (6) und der Positionserfassungseinrichtung (18) gekoppelt  
ist und die eine Anzeige (12) zum grafischen Darstellen der vorgegebenen  
Flächengrenzen (2) und der von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) zum  
jeweiligen Zeitpunkt bereits verdichteten Fläche aufweist.

10

19. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 18, da-  
durch gekennzeichnet, dass

- eine Verdichtungsergebnis-Erfassungseinrichtung zum Erfassen des  
Ist-Verdichtungszustands des verdichteten Bodens vorgesehen ist;
- die Verdichtungsergebnis-Erfassungseinrichtung mit der Wegpla-  
nungseinrichtung (7) gekoppelt ist, zum Übermitteln von Information bezüg-  
lich des Ist-Verdichtungszustands; und dass
- die Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen der Vorgabe für den  
Fahrweg (4) unter Berücksichtigung des Ist-Verdichtungszustands ausgebil-  
det ist.

20. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeich-  
net, dass

- in der Wegplanungseinrichtung (7) der Ist-Verdichtungszustand mit  
einem vorgegebenen Soll-Verdichtungszustand vergleichbar ist;
- der Fahrweg (4) durch die Wegplanungseinrichtung (7) derart vorgeb-  
bar ist, dass Bodenflächen, bei denen der Ist-Verdichtungszustand den Soll-  
Verdichtungszustand übersteigt und damit bereits eine ausreichende Ver-  
dichtung vorliegt, nicht mehr von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3)  
überfahren werden.

21. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 20, da-  
durch gekennzeichnet, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) auf-  
weist:

- einen Fahrantrieb (16) zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung;
- eine Lenkeinrichtung (16) zum Erzeugen eines Giermoments um eine  
Hochachse (29) der Bodenverdichtungsvorrichtung (3);

1        - eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts  
      für die Fahrbewegung; und  
      - eine von dem Istwert und dem vom Fahrtgeber vorgegebenen Sollwert  
      beaufschlagbare Fahrtregelungseinrichtung (15) zum Ansteuern der  
5        Lenkeinrichtung und/oder des Fahrantriebs derart, dass eine durch die  
      Differenz zwischen Ist- und Sollwert gebildete Regelabweichung minimal  
      ist.

10      22. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrantrieb wenigstens eine Schwingungserregungseinrichtung (16) aufweist, mit zwei zueinander parallelen, gegenläufig drehbaren und jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragenden Wellen (25, 26), deren Phasenlage zueinander verstellbar ist.

15      23. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf wenigstens einer Welle (25, 26) der Schwingungserregungseinrichtung (16) zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind und dass die Lenkeinrichtung (16) zum Verstellen der Phasenlage der beiden Unwuchtmassen ausgebildet ist.

20      24. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrantrieb und die Lenkeinrichtung durch eine Anordnung von mehreren, zueinander ortsfest getragenen Schwingungserregungseinrichtungen (27, 28; 30) gebildet sind, wobei die Schwingungserregungseinrichtungen (27, 28; 30) jeweils zwei zueinander parallele, gegenläufig drehbare und jeweils wenigstens eine Unwucht tragende Wellen aufweisen, deren Phasenlage verstellbar ist, und wobei jeweils durch eine der Schwingungserregungseinrichtungen (27, 28; 30) eine Vortriebsbewegung in eine Vortriebsrichtung erzeugbar ist.

25      25. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vortriebsrichtung von wenigstens einer (30) der Schwingungserregungseinrichtungen von denen der anderen (27, 28) abweicht.

30      26. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine von der Schwingungserregungseinrich-

1      tung oder den Schwingungserregungseinrichtungen beaufschlagte Boden-  
kontaktplatte (31) einen im wesentlichen kreisförmigen Grundriß aufweist.

5      27. Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung, mit den Schritten:  
-      Definieren von Flächengrenzen (2) einer zu verdichtenden Fläche (1) mit einer Flächendefinitionseinrichtung (6);  
-      automatisches Fahren einer Bodenverdichtungsvorrichtung (3) innerhalb der Flächengrenzen (2), im Wesentlichen in einer Geradeausrichtung;  
-      Erfassen einer Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) an 10 eine der Flächengrenzen (2);  
-      automatisches Ändern der Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flächengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt.

15     28. Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung, mit den Schritten:  
-      Definieren von Flächengrenzen einer zu verdichtenden Fläche (1) und Speichern von die Flächengrenzen (2) repräsentierenden Daten in einer Flächendefinitionseinrichtung (6);  
-      Planen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4), derart, dass eine Bodenverdichtungsvorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt;  
-      automatisches Fahren der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) entlang 20 der Fahrwegsvorgabe.

25     29. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass das automatische Fahren die folgenden Schritte umfasst:  
-      Erfassen der jeweils aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3);  
-      Vergleichen der aktuellen Position mit der Fahrwegsvorgabe;  
-      automatisches Fahren und Lenken der Bodenverdichtungsvorrichtung 30 (3), derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) der Fahrwegsvorgabe folgt.

35     30. Verfahren nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, durch die Schritte:  
-      Kontinuierliches Erfassen des Ist-Verdichtungszustands des verdich-

- 29 -

1       teten Bodens;

-       Vergleichen des Ist-Verdichtungszustands mit einem Soll-Verdichtungszustand;

5       Anpassen der Fahrwegsvorgabe derart, dass Bereiche des Bodens, bei denen der Ist-Verdichtungszustand größer ist als der Soll-Verdichtungszustand, nicht mehr von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) überfahren werden.

10

15

20

25

30

35

1/5

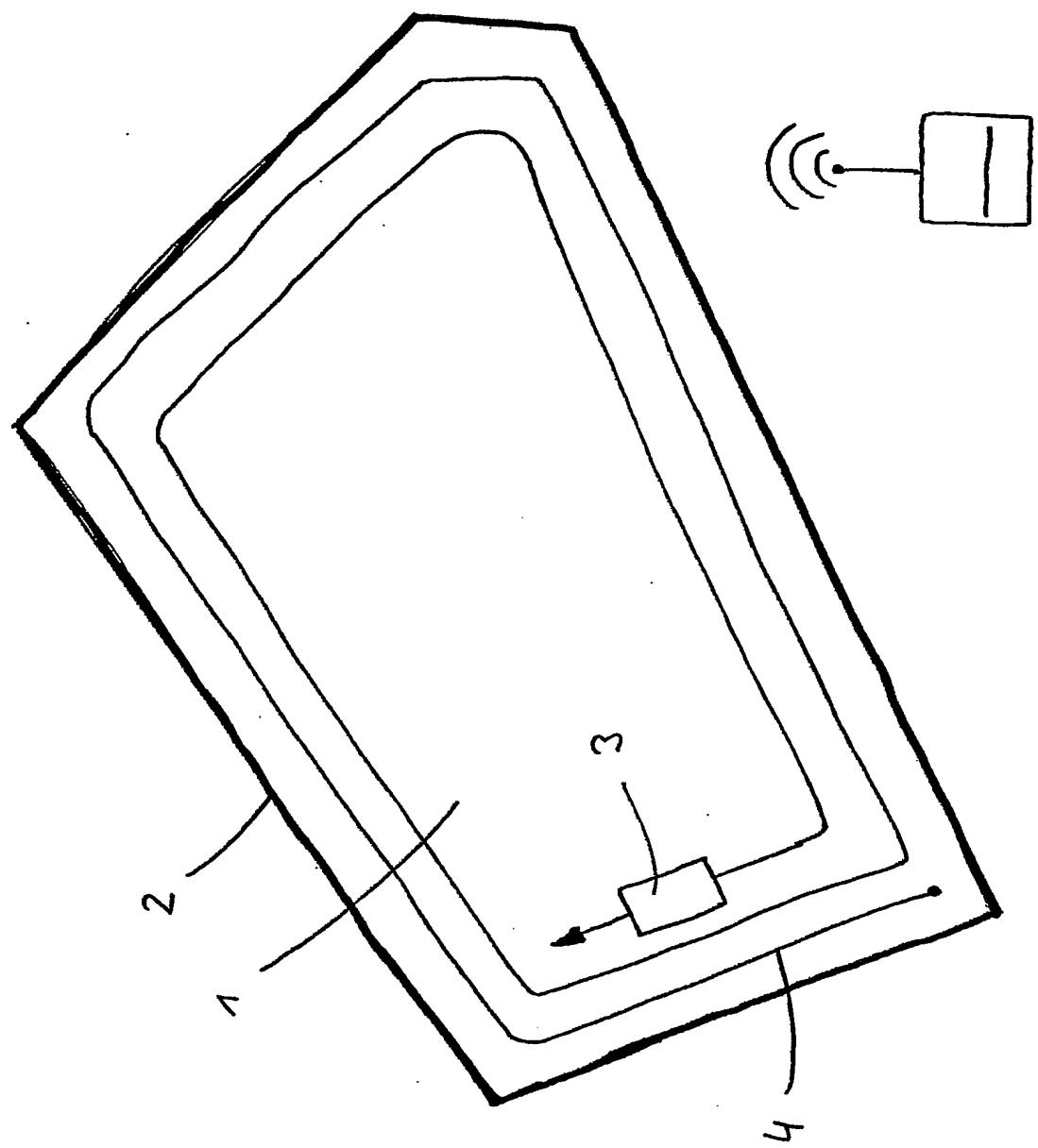


Fig. 1

2/5

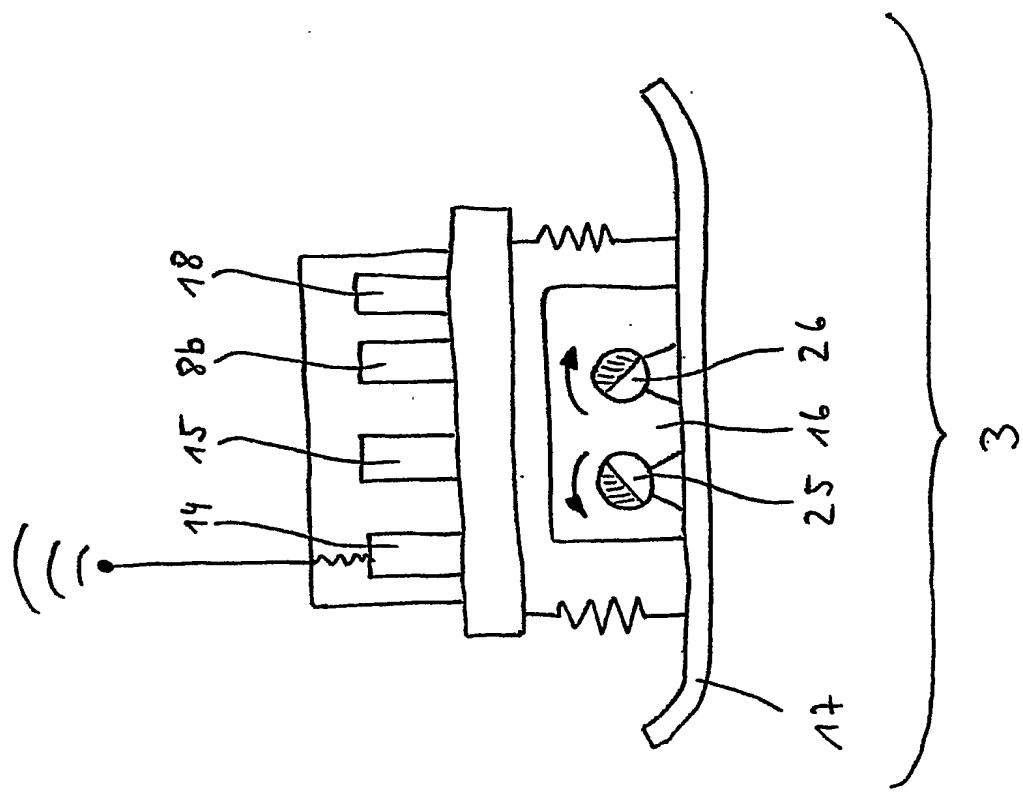
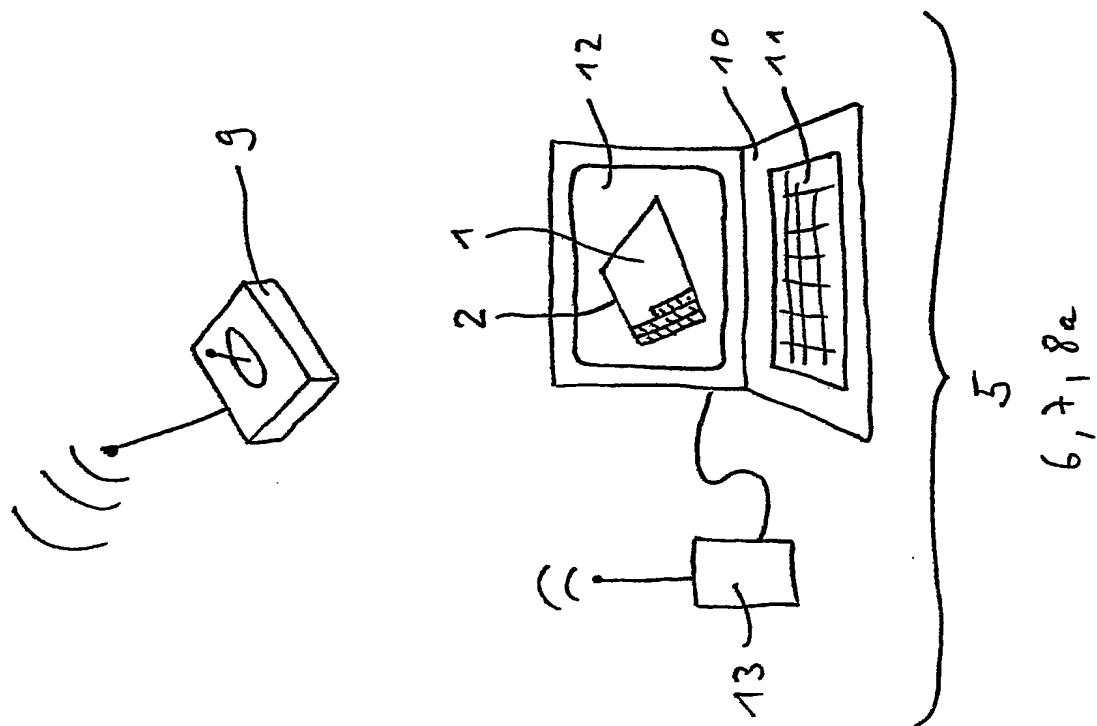


Fig. 2

3/5

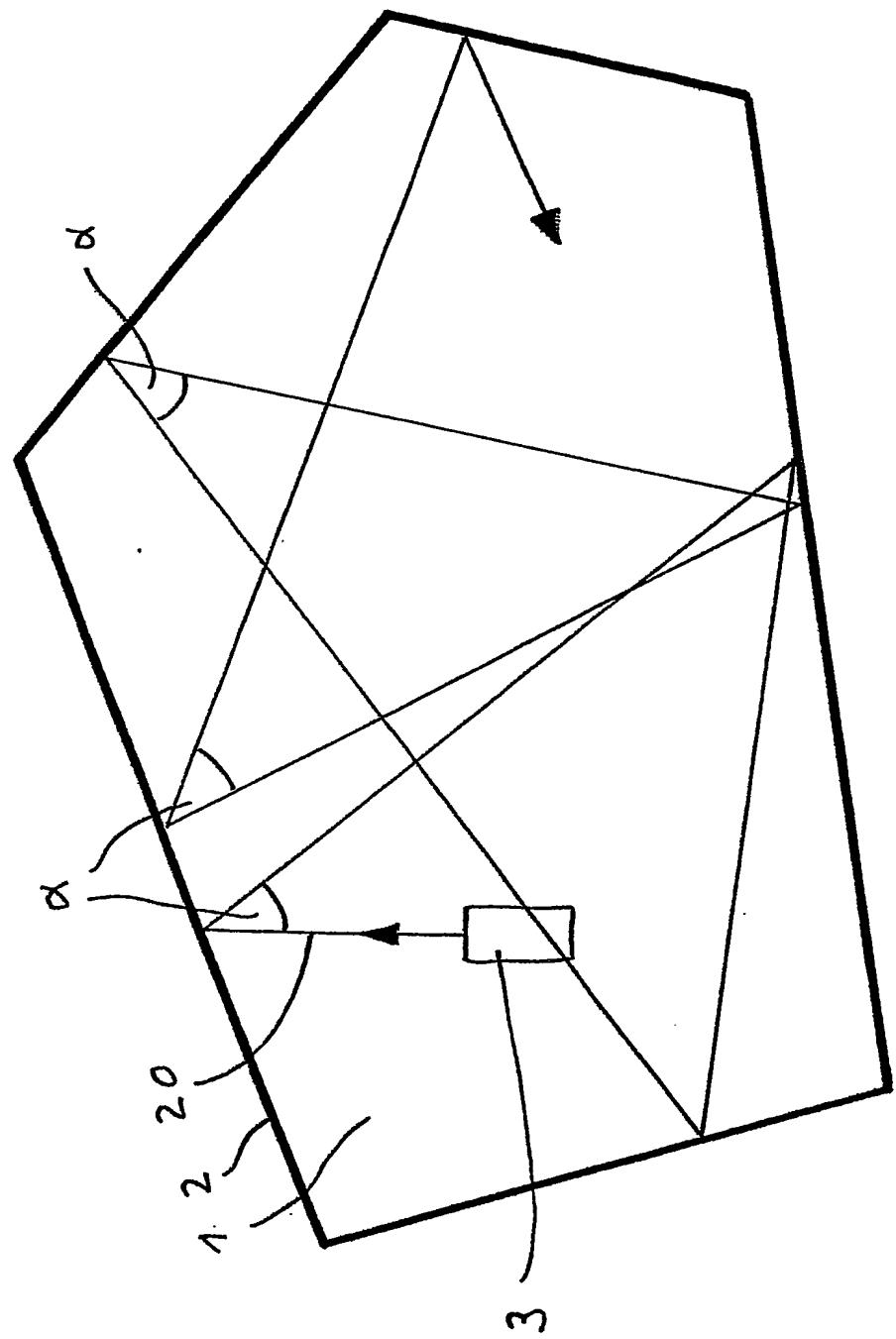


Fig. 3

4/5

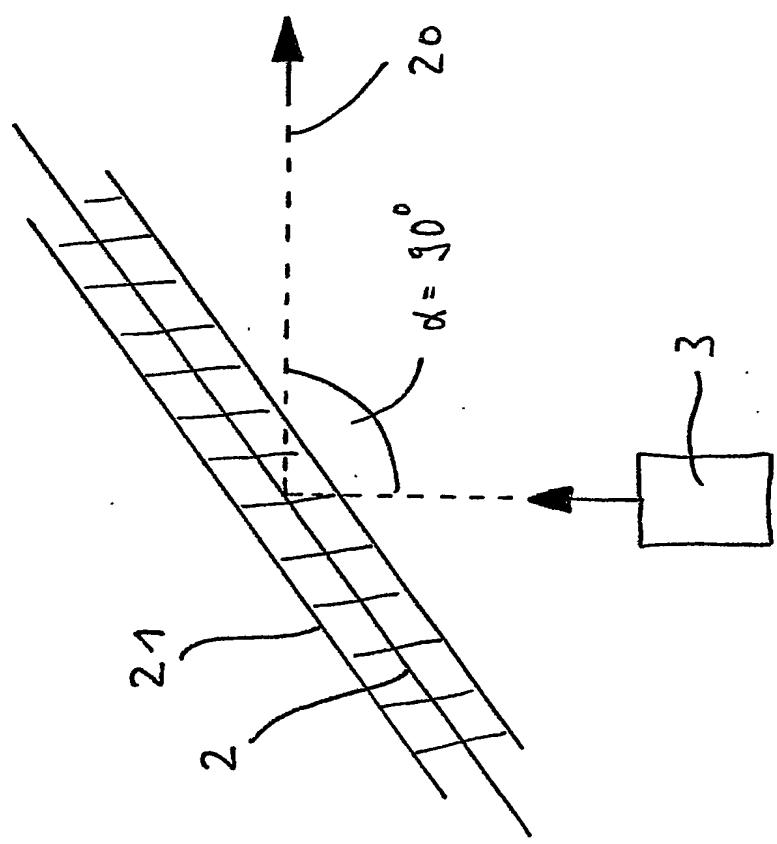


Fig. 4

5/5

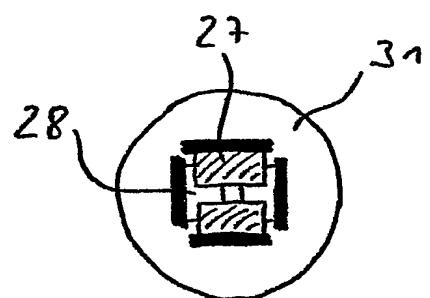
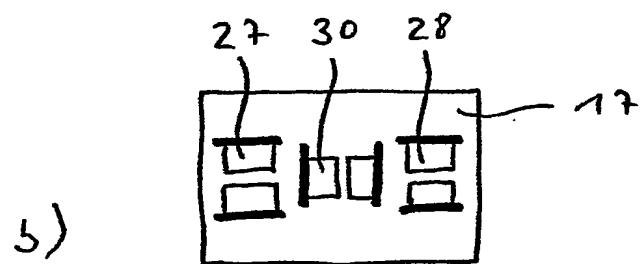
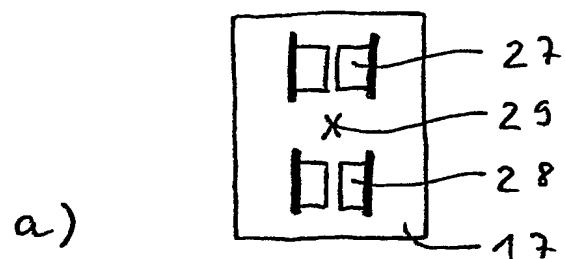


Fig. 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/003743

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 E01C19/38 E02D3/074

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 E01C E02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 088 644 A (MCGEE ROBERT J ET AL) 11 July 2000 (2000-07-11)	1,2, 7-17, 27-29
Y	the whole document	3-6, 21-26
A	FR 2 697 098 A (SN ENO) 22 April 1994 (1994-04-22)	27
A	page 5, line 33 - page 6, line 6 page 7, line 14 - line 21	3,4,7
X	US 5 646 844 A (GUDAT ADAM J ET AL) 8 July 1997 (1997-07-08)	1,2, 7-15, 18-20, 27-30
	column 4, line 66 - column 10, line 56 column 22, line 42 - line 61	
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- °A° document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- °E° earlier document but published on or after the International filing date
- °L° document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- °O° document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- °P° document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- °T° later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- °X° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- °Y° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- °&° document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

10 August 2004

Date of mailing of the International search report

19/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Movahdat, R

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/003743

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 287 048 B1 (HOLLON BLAKE D ET AL) 11 September 2001 (2001-09-11)	3-6
A	column 7, line 36 - column 8, line 31; figures -----	16
Y	DE 100 53 446 A (WACKER WERKE KG) 6 June 2002 (2002-06-06) cited in the application the whole document -----	21-26
A	EP 0 761 886 A (FRANCE ETAT) 12 March 1997 (1997-03-12) the whole document -----	1-30
A	US 4 600 999 A (ITO KATSUMI ET AL) 15 July 1986 (1986-07-15) column 3, line 18 - column 4, line 15; figure 4 -----	1,28

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/003743

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 6088644	A	11-07-2000	AU GB JP WO	5461399 A 2354344 A ,B 2002522681 T 0010063 A1	06-03-2000 21-03-2001 23-07-2002 24-02-2000
FR 2697098	A	22-04-1994	FR AT DE DE EP WO JP	2697098 A1 156276 T 69312726 D1 69312726 T2 0664018 A1 9408280 A1 8504521 T	22-04-1994 15-08-1997 04-09-1997 19-03-1998 26-07-1995 14-04-1994 14-05-1996
US 5646844	A	08-07-1997	AU AU CA DE DE EP JP WO ZA	690979 B2 2246095 A 2184481 A1 69501401 D1 69501401 T2 0756653 A1 9512072 T 9528524 A1 9502853 A	07-05-1998 10-11-1995 26-10-1995 12-02-1998 06-08-1998 05-02-1997 02-12-1997 26-10-1995 21-12-1995
US 6287048	B1	11-09-2001	US	6113309 A	05-09-2000
DE 10053446	A	06-06-2002	DE WO EP JP US	10053446 A1 0235005 A1 1328685 A1 2004518041 T 2004022582 A1	06-06-2002 02-05-2002 23-07-2003 17-06-2004 05-02-2004
EP 0761886	A	12-03-1997	FR EP	2738022 A1 0761886 A1	28-02-1997 12-03-1997
US 4600999	A	15-07-1986	JP AU AU FR GB	59011409 A 547146 B2 1634583 A 2530114 A1 2124798 A ,B	21-01-1984 10-10-1985 19-01-1984 20-01-1984 22-02-1984

# INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003743

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 E01C19/38 E02D3/074

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 E01C E02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 088 644 A (MCGEE ROBERT J ET AL) 11. Juli 2000 (2000-07-11)	1,2, 7-17, 27-29
Y	das ganze Dokument	3-6, 21-26
A	FR 2 697 098 A (SN ENO) 22. April 1994 (1994-04-22)	27
A	Seite 5, Zeile 33 - Seite 6, Zeile 6 Seite 7, Zeile 14 - Zeile 21	3,4,7
X	US 5 646 844 A (GUDAT ADAM J ET AL) 8. Juli 1997 (1997-07-08)	1,2, 7-15, 18-20, 27-30
	Spalte 4, Zeile 66 - Spalte 10, Zeile 56 Spalte 22, Zeile 42 - Zeile 61	
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,

eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendeadatum des Internationalen Recherchenberichts

10. August 2004

19/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Movadat, R

## INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/003743

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 287 048 B1 (HOLLON BLAKE D ET AL) 11. September 2001 (2001-09-11)	3-6
A	Spalte 7, Zeile 36 – Spalte 8, Zeile 31; Abbildungen -----	16
Y	DE 100 53 446 A (WACKER WERKE KG) 6. Juni 2002 (2002-06-06) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	21-26
A	EP 0 761 886 A (FRANCE ETAT) 12. März 1997 (1997-03-12) das ganze Dokument -----	1-30
A	US 4 600 999 A (ITO KATSUMI ET AL) 15. Juli 1986 (1986-07-15) Spalte 3, Zeile 18 – Spalte 4, Zeile 15; Abbildung 4 -----	1,28

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003743

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6088644	A	11-07-2000	AU GB JP WO	5461399 A 2354344 A ,B 2002522681 T 0010063 A1		06-03-2000 21-03-2001 23-07-2002 24-02-2000
FR 2697098	A	22-04-1994	FR AT DE DE EP WO JP	2697098 A1 156276 T 69312726 D1 69312726 T2 0664018 A1 9408280 A1 8504521 T		22-04-1994 15-08-1997 04-09-1997 19-03-1998 26-07-1995 14-04-1994 14-05-1996
US 5646844	A	08-07-1997	AU AU CA DE DE EP JP WO ZA	690979 B2 2246095 A 2184481 A1 69501401 D1 69501401 T2 0756653 A1 9512072 T 9528524 A1 9502853 A		07-05-1998 10-11-1995 26-10-1995 12-02-1998 06-08-1998 05-02-1997 02-12-1997 26-10-1995 21-12-1995
US 6287048	B1	11-09-2001	US	6113309 A		05-09-2000
DE 10053446	A	06-06-2002	DE WO EP JP US	10053446 A1 0235005 A1 1328685 A1 2004518041 T 2004022582 A1		06-06-2002 02-05-2002 23-07-2003 17-06-2004 05-02-2004
EP 0761886	A	12-03-1997	FR EP	2738022 A1 0761886 A1		28-02-1997 12-03-1997
US 4600999	A	15-07-1986	JP AU AU FR GB	59011409 A 547146 B2 1634583 A 2530114 A1 2124798 A ,B		21-01-1984 10-10-1985 19-01-1984 20-01-1984 22-02-1984